

**UM ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE A PERCEPÇÃO
DO CONTRASTE ENTRE AS VOGAIS MÉDIAS POSTERIORES
DO PORTUGUÊS BRASILEIRO**

(An experimental study of the perception of the contrast between the
back mid vowels of Brazilian Portuguese)

Daniel Márcio RODRIGUES SILVA
(FACED)

Rui ROTHE-NEVES
(UFMG)

RESUMO: No português brasileiro são atestados pares mínimos estabelecendo o contraste entre vogais médias abertas e fechadas na sílaba tônica. Entretanto, há casos em que estas duas categorias variam neste mesmo contexto, sem conseqüências semânticas. Com o objetivo de verificar se este fenômeno se reflete nas representações armazenadas na memória de longo prazo e empregadas nos processos perceptivos, os resultados obtidos por doze falantes do português brasileiro em uma tarefa de classificação das vogais médias posteriores [o] e [ɔ] foram comparados aos obtidos em relação ao contraste entre [o] e [u]. Estimou-se o grau em que estes mesmos resultados prevêm os resultados em tarefas de discriminação. Em comparação com o continuum [u-o], foram observadas uma média mais baixa dos coeficientes de inclinação e uma relação menos estreita entre os resultados das tarefas de classificação e discriminação no continuum [o-ɔ]. Os resultados sugerem que as representações das vogais [o] e [ɔ] são menos distintas entre si do que as representações das vogais [o] e [u].

PALAVRAS-CHAVE: vogais médias; percepção da fala; categorias fonéticas; contraste.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil. Agradecemos pelos comentários aos Profs. Vitor Geraldi Haase e José Olimpio de Magalhães e aos pareceristas anônimos.

ABSTRACT: [In Brazilian Portuguese, minimal pairs are attested for the contrast between open- and close-mid vowels in stressed syllables. However, there are cases in which these two categories show free variation in this same context without semantic consequences. With the aim of verifying whether this phenomenon is reflected in representations stored in long term memory and used in perceptual processes, the results obtained by twelve Brazilian Portuguese native speakers in a classification task with back mid vowels [o] and [ɔ] as stimuli were compared to the contrast between [o] and [u]. The degree to which those results predict vowel discrimination tasks was estimated. In comparison with the [u-o] continuum, a lower mean of the slopes of the classification curves and a looser relation between classification and discrimination results were observed for the [o-ɔ] continuum. The results are interpreted as suggestive that the representations of the vowels [o] and [ɔ] are less distinct from each other than the representations of [o] and [u].

KEY-WORDS: mid vowels; speech perception; phonetic categories; contrast.

Introdução

Desde Mattoso Câmara Jr. (1970/1977), o sistema vocálico do português brasileiro (doravante PB) é descrito como um sistema composto por sete categorias distintas na sílaba tônica, as vogais /i, e, ε, a, ɔ, o, u/. A diferença entre as vogais médias anteriores e entre as posteriores é estabelecida pelo grau de abertura (ou altura) apresentado por cada vogal. Considera-se que o contraste entre as vogais médias abertas e fechadas é funcional no PB apenas na sílaba tônica. O valor fonológico desta oposição na sílaba tônica pode ser atestado em pares mínimos como s[e]de/s[ε]de e c[o]rte/c[ɔ]rte (para descrições mais detalhadas do comportamento das vogais médias do PB, ver Mattoso Câmara Jr., 1977; Magalhães, 1990; Wetzels, 1992; Cagliari, 1997; Battisti & Vieira, 2001; Bisol, 2003).

Entretanto, alguns aspectos do comportamento das vogais médias na sílaba tônica suscitam algumas dúvidas a respeito do estatuto fonológico da oposição entre vogais médias abertas e fechadas e, por conseguinte, sobre se realmente o PB possui sete vogais. Em primeiro lugar, a oposição em questão não ocorre entre os verbos (Magalhães, 1990; Lee, 2003), embora o timbre da vogal média estabeleça muitos pares mínimos compostos por uma forma nominal e a sua correspondente forma verbal na 1^a p.s. do presente do indicativo (como, por exemplo, em alm[o]ço/alm[ɔ]ço e

desesp[e]ro/desesp[ε]ro). Em segundo lugar, apesar dos pares mínimos encontrados entre os nomes, que são em número reduzido, há variação no timbre das vogais médias tônicas no que concerne ao grau de abertura, tanto no caso das anteriores quanto no das posteriores (Cunha, 1991; Alves, 1999), como se vê em [e]xtra/[ε]xtra, av[e]ssas/av[ε]ssas, p[o]ça/p[ɔ]ça e cr[o]sta/cr[ɔ]sta. Em terceiro lugar, afirma-se que a realização das vogais médias, no que diz respeito ao grau de abertura, apresenta algum grau de previsibilidade – nos casos de abaixamento espondeu e abaixamento datílico¹ (Wetzels, 1992; Cagliari, 1997).

Com o presente estudo, pretendemos dar os primeiros passos em uma investigação empírica sistemática a respeito do modo como as distinções entre as vogais médias abertas e as vogais médias fechadas estão representadas no sistema perceptivo do falante do PB². Adota-se aqui uma concepção em que se admite que, no processamento da linguagem, da percepção à produção estão envolvidas representações ou categorias mentais armazenadas na memória de longo prazo, cada qual capaz de agrupar diferentes sons da fala em uma classe de equivalência. Nesse caso, tornam-se importantes as evidências empíricas, metodologicamente independentes da fonologia, relacionadas à forma com que tais vogais são representadas na mente do falante do PB.

Para tanto, este estudo se baseia na Teoria da Detecção (Green & Swets, 1966; Macmillan & Creelman, 2005), que relaciona um comportamento de escolha a um espaço de decisão psicológico. A Teoria da Detecção – elaborada com o nome de “teoria da detecção do sinal” – surgiu como uma abordagem psicofísica à mensuração do desempenho em tarefas envolvendo detecção e discriminação de estímulos. Neste contexto, métodos experimentais e de análise de dados foram desenvolvidos para separar fatores sensoriais dos fatores relacionados à decisão. De acordo com a Teoria da Detecção, a resposta em uma tarefa de escolha resulta de uma combinação entre a sensibilidade do sujeito e sua tendenciosidade (ou viés) a dar uma

1. Os termos “abaixamento datílico” e “abaixamento espondeu” se referem a casos de neutralização das vogais médias tônicas em favor das médias abertas. Em ambos os casos, a neutralização é condicionada por padrões rítmicos excepcionais, aplicando-se o abaixamento datílico a palavras proparoxítonas e o espondeu, a palavras com sílaba final pesada que não recebem o acento final.

2. Esta é uma versão da dissertação de mestrado realizada pelo primeiro autor sob orientação do segundo (SILVA, 2006). A versão completa está disponível em <http://www.letras.ufmg.br/poslin/defesas/897M.pdf> (último acesso em 18/03/2009).

ou outra resposta. Posteriormente, esta teoria foi estendida a outras aplicações, inclusive o estudo de fenômenos acústico-fonéticos. Aqui, apresentaram-se análises das proporções em que estímulos ao longo de um *continuum* de sons variando de [u] a [ɔ] foram classificados nas três categorias [u-o-ɔ], bem como os graus de percepção categórica (isto é, os graus em que a discriminação e a classificação se relacionam) correspondentes aos contrastes [u/o] e [o/c]. Os padrões observados no último contraste serão comparados aos padrões observados no primeiro – sobre a funcionalidade do qual não há dúvidas.

O conceito de percepção categórica, muito importante e tradicional na pesquisa sobre a percepção da fala, reveste-se aqui de particular interesse. Originalmente, “percepção categórica” significa equivalência ou associação estreita entre a classificação e a discriminação de estímulos. Isto é, dois estímulos são discrimináveis na medida em que compõem categorias diferentes. Em seu estudo seminal, Liberman, Harris, Hoffman e Griffith (1957) produziram um *continuum* que se inicia em [be], passa por [de] e termina em [ge], ao longo do qual o valor da frequência inicial da transição do segundo formante varia em passos iguais. Em uma tarefa de classificação, os estímulos foram incluídos pelos sujeitos em três categorias bem definidas. Já na tarefa de discriminação, os sujeitos distinguiram com relativa facilidade estímulos identificados como pertencentes a categorias diferentes, mas apresentaram um desempenho inferior na discriminação intra-categoria. Desde então, este padrão nos resultados tem sido denominado de “efeito de limite de fonema”. Uma equação gerada a partir da hipótese de que sujeitos são capazes de discriminar apenas estímulos de categorias diferentes previu razoavelmente bem, no estudo original, os picos nas curvas que representam o desempenho dos sujeitos na discriminação de cada par de estímulos, embora o subestimando. Isto sugere que o ouvinte dispõe de informações sobre os estímulos além daquela relativa a categorias. Todavia, a correlação significativa observada entre a discriminação prevista (classificação) e a discriminação observada foi tomada como uma importante evidência de percepção categórica.

Resultados semelhantes foram encontrados em vários estudos que se seguiram, especialmente no caso das consoantes oclusivas. No caso das vogais, foram observados indícios bem mais fracos de percepção categórica (revisão em Repp, 1984; Harnad, 1987). Contudo, os primeiros pesquisadores dos laboratórios Haskins não atribuíram grande importância à supe-

rioridade sistemática da discriminação em relação à classificação e estabeleceram quatro critérios para percepção categórica: a) presença de categorias distintas com limites bem definidos na tarefa de classificação; b) desempenho em nível aleatório na discriminação de estímulos de uma mesma categoria; c) um pico de desempenho no limite entre duas categorias (efeito de limite de fonema) na tarefa de discriminação; e d) uma correspondência estreita entre o desempenho obtido na discriminação e o desempenho previsto a partir dos resultados da tarefa de classificação (Studdert-Kennedy, Liberman, Harris & Cooper, 1970). Embora uma percepção perfeitamente categórica não tenha sido encontrada na grande maioria dos estudos, essa passou a ser a definição padrão de percepção categórica, estabelecendo uma dicotomia entre “percepção categórica” e “percepção contínua”.

Para explicar as diferenças entre a discriminação e a classificação, Fujisaki e Kawashima (1969; 1970; 1971 *apud* Pisoni, 1973; 1975) formularam um modelo de duplo processo para a discriminação de sons da fala na tarefa de discriminação ABX, que discutimos mais adiante. Nesse modelo, dois componentes funcionam simultaneamente ou em rápida sucessão, sendo o primeiro estritamente categórico, representando a classificação fonética, e o segundo, contínuo, representando processos gerais da percepção auditiva. A discriminação observada seria superior porque, quando o sujeito tenta discriminar dois estímulos classificados de forma idêntica, ele pode recorrer a informações de natureza psicoacústica. O modelo permite estabelecer graus de percepção categórica, que refletem a previsibilidade da discriminação pela classificação. A idéia de dois modos de processamento também foi explorada e discutida em modelos posteriores (Macmillan, 1987; Macmillan, Goldberg & Braida, 1988; Schouten & van Hessen, 1992; van Hessen & Schouten, 1992).

Embora a comparação dos resultados da tarefa de discriminação com os resultados previstos a partir dos da tarefa de classificação proporcione medidas interessantes, há alguns problemas. Em primeiro lugar, por serem baseados em medidas comportamentais, é preciso uma análise específica dos experimentos a fim de separar o componente perceptivo, que é o que interessa, dos processos de atenção e decisão do sujeito. Outro aspecto problemático é a grande variabilidade no grau em que a classificação prediz a discriminação. As fontes desta variabilidade são diversas, tais como a natureza dos estímulos (revisão em Repp, 1984), a qualidade dos mesmos

(Van Hessen & Schouten, 1999), o intervalo entre estímulos (Van Hessen & Schouten, 1992), os sujeitos (Gerrits, 2001), o contexto em que os sons ocorrem (Healy & Repp, 1982) e, principalmente, as tarefas empregadas (Gerrits, 2001; Schouten, Gerrits & van Hessen, 2003; Gerrits & Schouten, 2004). Este último aspecto é de especial interesse, como se verá a seguir.

Na tarefa de discriminação ABX, usada originalmente por Liberman, Harris, Hoffman e Griffith (1957) e analisada no modelo de Fujisaki e Kawashima (1970), apresenta-se ao sujeito uma seqüência de três estímulos e ele deve decidir qual dos dois (A ou B) é idêntico ao termo de comparação (X). Em virtude do caráter sucessivo da tríade de sons e da duração relativamente pequena dos traços acústicos na memória auditiva (Massaro & Cohen, 1983), a tarefa induz o sujeito a recorrer às representações de categorias armazenadas na memória. A tarefa AX poderia favorecer uma comparação auditiva direta, já que a resposta é apenas “igual” ou “diferente”, reduzindo a carga na memória auditiva. Mas essa tarefa também não é livre de efeitos indesejados, uma vez que os sujeitos podem usar diferentes critérios de decisão para responder. Um destes critérios pode envolver justamente a classificação do estímulo em uma categoria sonora.

Uma tarefa muito usada em experimentos psicofísicos – e empregada neste estudo – é a tarefa 2AFC (*two alternatives forced choice*), pois facilita análises em termos da Teoria da Detecção (cf. Macmillan & Creelman, 2005). Nesta tarefa, apresentam-se dois estímulos a cada prova, de dois tipos diferentes já previamente informados. O sujeito deve responder em que ordem eles foram apresentados. Em experimentos sobre percepção de intensidade, por exemplo, o sujeito ouve dois estímulos que variam em intensidade e responde indicando a ordem em que eles foram apresentados, “intenso-fraco” ou “fraco-intenso”. No caso de se usarem sons da fala, é necessário explicar ao sujeito que o termo “ordem” se refere às categorias sonoras – por exemplo “i-u” ou “u-i”. É evidente que a instrução induz ao comportamento classificatório.

A tarefa 4IAX (*four intervals AX*) é uma tarefa considerada mais apropriada quando se espera dos sujeitos julgamentos baseados nos traços sensoriais. A natureza da diferença entre os estímulos comparados não é especificada nas instruções e o sujeito deve indicar, entre dois pares apresentados, qual contém dois estímulos idênticos. Uma versão menos traba-

lhosa desta tarefa é a 4I2AFC (*four intervals two alternatives forced choice*) – também empregada neste estudo. Neste caso, apenas a segunda ou a terceira posição da seqüência pode conter o estímulo díspar. O sujeito deve responder indicando se o mesmo está no primeiro ou no segundo par. Supõe-se, nesse caso, que o sujeito desempenha uma tarefa 2AFC em que o primeiro e o quarto estímulos podem ser usados como referência, de modo a favorecer respostas baseadas apenas nos traços sensoriais.

Gerrits (2001) comparou os resultados de experimentos com vogais e consoantes oclusivas empregando as tarefas 2AFC, AX, AXB, 4IAX e 4I2AFC e observou consideráveis diferenças no grau de percepção categórica. Para as tarefas 4I2AFC e 4IAX não houve correlação significativa com a tarefa de classificação. A tarefa 2AFC apresentou relação mais estreita com a classificação, o que indica que os rótulos (referentes às categorias) atribuídos aos estímulos têm um papel importante em sua realização. Resultados semelhantes são apresentados por Schouten, Gerrits e van Hessen (2003) e Gerrits e Schouten (2004) em estudos com vogais.

Diante de tais controvérsias metodológicas, Massaro (1987a; 1998) propôs um modelo em que não há percepção categórica. As descontinuidades observadas nas respostas ao longo dos *continua* seriam resultado não de processos perceptivos, mas de um mecanismo de decisão sobre informação contínua – isto é, não-categórica. Não se discutirão aqui os detalhes desse debate, pois estudos psicofisiológicos posteriores indicaram que um sistema pré-atencional de discriminação auditiva é sensível também a mudanças de natureza fonética/fonológica, isto é, mudanças de uma categoria para outra. Tal sistema manifesta-se no componente dos potenciais evocados chamado *Mismatch Negativity* (MMN)³, que responde a alterações acústicas na estimulação auditiva. Uma MMN mais pronunciada e com menor latência ocorre quando uma diferença acústica entre os estímulos determina também uma diferença entre categorias de consoantes (Dehaene-Lambertz, 1997, Sharma & Dorman, 1999; Sharma & Dorman, 2000; Phillips *et al.*, 2000; Kazanina, Phillips & Idsardi, 2006) e vogais (Näätänen *et al.*, 1997; Winkler *et al.*, 1999a, Winkler *et al.*, 1999b). Além disso, tem sido verificado que esta resposta a mudanças fonéticas na esti-

3. Na primeira referência nacional sobre a técnica em estudos linguísticos, Rothe-Neves (2001) propôs para o termo a tradução “negatividade de incongruência”, mas o termo em inglês é vastamente utilizado, motivo pelo qual, doravante, utilizaremos a sigla do termo em inglês.

mulação pode ser específica para a língua. Falantes de uma língua que não apresenta certo contraste fonológico também não apresentam a resposta correspondente à mudança no limite entre as categorias especificadas por este contraste (Näätänen *et al.*, 1997; Winkler *et al.*, 1999a, Winkler *et al.*, 1999b, Sharma & Dorman, 2000). Finalmente, um estudo combinando potenciais evocados e neuroimagem obteve evidências de que a percepção dos sons da fala pode ocorrer em dois modos, um relacionado principalmente às categorias e o outro, à informação acústica (Dehaene-Lambertz, Pallir, Serniclaes, Sprenger-Charolles, Jobert e Dehaene, 2005).

Estas evidências de natureza psicofisiológica esclarecem algumas questões relacionadas aos estudos comportamentais de percepção categórica. Em primeiro lugar, uma vez que a MMN é uma resposta relacionada a mecanismos pré-atencionais de discriminação, tais resultados contrariam a tese de que o efeito de limite de categoria observado nos estudos em que são comparados os desempenhos dos sujeitos em tarefas de discriminação e de classificação tenham origem no nível da decisão e não em processos perceptivos. Em segundo lugar, verifica-se que, na discriminação de sons da fala, ocorrem comparações envolvendo traços na memória auditiva relacionadas às propriedades acústicas do sinal e comparações em que são empregadas representações de categorias dos sons da fala. Deste modo, é natural que, nos estudos psicofísicos de percepção categórica, sejam observados na discriminação desempenhos superiores à previsão feita a partir dos resultados na tarefa de classificação. Outra observação interessante é a de que certas categorias fônicas (possivelmente a maior parte) são estabelecidas durante a aprendizagem da língua (Näätänen *et al.*, 1997; Winkler *et al.*, 1999a; Winkler *et al.*, 1999b, Sharma & Dorman, 2000), enquanto outras refletem descontinuidades inerentes ao sistema sensorial (Sinex & McDonald, 1989). Assim, os estudos psicofisiológicos oferecem evidências convergentes sobre a percepção categórica.

A partir da literatura discutida, conclui-se que, isoladamente, apenas o exame da relação entre os resultados das tarefas de classificação e discriminação é insuficiente para esclarecer por meio de que processos os seres humanos percebem os estímulos lingüísticos, já que a percepção categórica – definida a partir da relação entre as duas tarefas – é um efeito da tarefa ou, mais adequadamente, da indução do comportamento classificatório na tarefa de discriminação. Entretanto, justamente por isso, interessa aos estudos que, utilizando técnicas semelhantes de coleta e análise de dados, se

voltam para a estrutura lingüística, pois permite identificar por meio de quais pistas acústicas é possível provocar nos falantes de uma dada língua a ativação da “imagem mental” ou a representação de uma dada categoria sonora. Trata-se, portanto, de avaliar empiricamente se é possível deflagrar a categorização de determinado som da língua – ainda que não seja possível definir sua causa – por meio da manipulação de determinada pista acústica.

Com o presente estudo, visamos obter elementos que ajudem a responder uma pergunta específica: há evidências de que a distinção entre [o] e [ɔ] é menos saliente do que a distinção entre [o] e [u] no nível das categorias mentais armazenadas na memória de longo prazo e empregadas na percepção da fala? Esta questão é formulada no âmbito de uma questão mais geral: são os contrastes entre as vogais médias abertas e as vogais médias fechadas, do ponto de vista do processamento perceptivo, menos distintos do que os demais contrastes entre as vogais do PB? Para tanto, utilizamos o paradigma experimental da percepção categórica como estratégia de pesquisa. O objetivo foi verificar em que medida é possível estimar os resultados na tarefa de discriminação a partir daqueles obtidos na tarefa de classificação. Foram utilizadas duas tarefas de discriminação, uma que induz o comportamento de classificação (2AFC) e outra que favorece o uso de pistas acústicas (4I2AFC). A hipótese é a de que serão obtidos os efeitos de percepção categórica comparando os resultados da classificação com a 2AFC, mas não com a 4I2AFC. Porém, se os resultados da tarefa de classificação e da tarefa 2AFC forem artefatos relacionados a descontinuidades sensoriais e/ou características físicas dos estímulos, padrões semelhantes devem ser observados na tarefa 4I2AFC, já que, ao que tudo indica, nesta tarefa as respostas são baseadas predominantemente na informação acústica. Resta como questão aberta se os efeitos serão mais claros para o *continuum* [o] e [u], evidência de que a distinção entre essas categorias é mais saliente do que entre [o] e [ɔ].

1. Metodologia

Sujeitos

Participaram do presente estudo doze falantes nativos do PB (dialeto falado na região de Belo Horizonte), seis homens e seis mulheres, com idades entre 18 e 27 anos, nenhum dos quais relata problemas auditivos.

Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com as exigências do Comitê de Ética em Pesquisa - UFMG, pelo qual este estudo foi aprovado (ETIC 391/05).

Estímulos

Foram sintetizadas 42 vogais por meio do programa Praat 4.3.12 (Borsma & Weenink, 2005). A frequência do primeiro formante (F1) variou em passos de 10 Hz entre 250-660 Hz. A frequência do segundo formante (F2) foi fixa em 900 Hz e as frequências de F3 (2500 Hz) a F10 (9500 Hz), a cada 1000 Hz. A largura de banda utilizadas para F1 foi de 50 Hz. De F2 a F4, a largura de banda de cada formante consecutivo teve um incremento de 50 Hz e, a partir de F5, um incremento de 100 Hz. Deste modo, empregou-se neste estudo um *continuum* de sons vocálicos em que apenas F1 varia. A frequência dos demais formantes foi fixa de maneira que as vogais sintetizadas soassem razoavelmente semelhantes às vogais naturais [u], [o] e [ɔ]⁴.

No Praat, a fonte a partir da qual os sons do *continuum* foram criados é um sinal gerado de forma a simular um som produzido por uma série de pulsos glotais. A duração do sinal da fonte foi de 300 ms, durante os quais a frequência fundamental (F0) decaiu linearmente de 145 a 85 Hz. A intensidade do sinal variou de 0 a 75 dB (SPL) no intervalo entre 0 e 25 ms, manteve-se estável até 275 ms, a partir do que decaiu até 0 dB (SPL). Para gerar cada som do *continuum*, essa fonte foi então filtrada pela série de formantes descrita acima, de forma a se obter sons semelhantes a vogais emitidas com uma voz masculina.

4. Obviamente, os demais formantes variam nas produções das vogais posteriores por falantes do PB, sobretudo o segundo (F2). Entretanto, verificou-se uma sobreposição nos valores de F2 entre as três vogais posteriores (Behlau, 1984; Morais, Callou & Leite, 1996; Rauber, 2008; Escudero, Borsma, Rauber & Bion, submetido), o que permite desconsiderá-los como pistas distintivas e fixar um valor único plausível a todas elas. Tal simplificação, pela qual se optou no presente estudo, permite ainda evitar a seguinte suposição. Incluir a frequência de F2 também como variável exigiria estabelecer como variável dependente uma combinação de F1 e F2 (p.ex., a distância euclidiana no plano F1-F2). Nesse caso, pressupõe-se a integração dos fatores em questão numa dimensão perceptiva (cf. Kingston et al., 1997), com base na qual o sujeito faria os julgamentos durante as tarefas. Segundo consta aos autores, até o momento inexistem estudos demonstrando esta integração.

Delineamento experimental

Os sujeitos realizaram tarefas de classificação e discriminação, sendo esta última em duas versões – 2AFC e 4I2AFC. Na tarefa de classificação, cada uma das 42 vogais foi apresentada em duas etapas de 420 provas (*trials*) com dez repetições de cada som, o que resultou em 840 provas. Em cada prova, os sujeitos classificaram um som do *continuum* como “u”, “o” ou “ɔ”.

Para avaliar a discriminação, tanto na tarefa 2AFC quanto na 4I2AFC, cuja diferença será apresentada em maior detalhe a seguir, o sujeito deve fazer uma escolha em que relaciona um *continuum* de estímulos a duas alternativas de resposta. No caso da tarefa 2AFC, as alternativas se referem necessariamente a ordens de ocorrência de duas categorias. Como o *continuum* de 42 sons com F1 variando de 250 a 660 Hz foi gerado para compreender três categorias de vogais ([u], [o] e [ɔ]), ele foi então subdividido em dois *subcontinua* menores compostos por 21 sons cada (250-470 Hz; 440-660 Hz). Portanto, cada tarefa foi realizada em duas etapas, a fim de se proceder à avaliação da discriminação nos *subcontinua* [u-o] e [o-ɔ]. Em cada prova foram usados pares de sons entre cujos membros havia uma diferença fixa de 30 Hz em F1. Todas as provas foram apresentadas em ordem pseudoaleatória (não foram permitidas provas idênticas sucessivas) com um intervalo de 1 s entre a resposta e o início da prova seguinte.

Tarefa 2AFC

Na tarefa de discriminação 2AFC, o sujeito ouve um par de sons e deve escolher, entre duas alternativas de resposta, aquela que indica a ordem de ocorrência dos estímulos. Não há qualquer menção ao parâmetro manipulado (aqui, a altura de F1) ou à direção da diferença nas instruções ou nas alternativas de resposta. Essas se referiram às ordens de ocorrência das categorias vocálicas – no caso, se a ordem era [u-o] *versus* [o-u] numa e [o-ɔ] *versus* [ɔ-o] noutra etapa. Trata-se, deste modo, de uma tarefa de discriminação que compele o sujeito a basear seus julgamentos nessas categorias.

Na primeira etapa, apresentaram-se sons em que F1 variou entre 250-470 Hz; na segunda, entre 440-660 Hz. Para cada etapa, apresentaram-se vinte pares de sons com doze repetições cada, totalizando 240 provas. Na

metade das provas, o som com F1 mais alto foi apresentado em primeiro e, na outra metade, em segundo lugar⁵. Em cada prova, o intervalo entre os estímulos foi fixo em 150 ms.

Tarefa 4I2AFC

Em cada prova da tarefa de discriminação 4I2AFC, é apresentada ao sujeito uma seqüência de quatro sons dentre os quais três são idênticos entre si, sendo que o som díspar ocorre sempre na segunda ou na terceira posição. O intervalo entre o segundo e o terceiro sons é de 250 ms e os demais intervalos são de 150 ms, de modo que os quatro sons sejam percebidos em dois pares. O sujeito deve indicar se o som diferente está no primeiro ou no segundo par. Portanto, assim como a tarefa 2AFC, a tarefa 4I2AFC envolve uma comparação entre apenas dois sons. Já em contraste com a tarefa 2AFC, essa tarefa impele o sujeito a responder com base nos traços acústicos dos estímulos.

Verificou-se em testes piloto que a tarefa se tornaria muito dispendiosa para os sujeitos no presente estudo, caso fossem empregados todos os pares de sons possíveis no *continuum* tal como na tarefa 2AFC. Por limitações de tempo, decidiu-se então utilizar apenas a metade dos pares possíveis. Para isto, a diferença entre os dois pares consecutivos foi aumentada de 10 Hz – na tarefa 2AFC – para 20 Hz na tarefa 4I2AFC⁶. Os sons utilizados variam de 260 a 470 Hz, na primeira etapa e de 440 a 650 Hz, na segunda. Desta forma, cada tarefa 4I2AFC é composta por 240 provas, com cada par ocorrendo 24 vezes, seis vezes para cada um dos padrões de comutação (AABA, ABAA, BABB e BBAB).

5. Por simplicidade, doravante um par de sons em uma tarefa de discriminação será denotado pelo valor de F1 mais baixo do par (por exemplo, o par composto pelos sons com a frequência de F1 em 400 Hz e 430 Hz será denotado por “400”), independentemente da ordem de ocorrência dos sons.

6. Na tarefa 2AFC, o primeiro som de cada par difere em 30Hz do segundo som, mas difere em apenas 10Hz do primeiro som do par seguinte no *continuum*. Na tarefa 4I2AFC, o primeiro som de cada par também difere em 30Hz do segundo som, mas difere em 20Hz do primeiro som do par seguinte no *continuum*.

2. Procedimentos

Todas as tarefas foram realizadas em uma câmara insonorizada. Os estímulos foram apresentados por meio de um fone de ouvido conectado a um microcomputador. Os sujeitos responderam indicando com o *mouse* um dos campos de resposta presentes na tela do monitor. O tempo de resposta não foi computado, apenas a resposta dada.

Os sujeitos foram testados individualmente em duas seções. Na primeira seção, os sujeitos realizaram (nesta ordem) o treino, as duas etapas da tarefa 2AFC e as duas etapas da tarefa de classificação, com pausa de 20-25 minutos entre cada etapa. Foi balanceada entre os sujeitos a ordem dos contrastes testados nas tarefas 2AFC. O sujeito pôde, se quisesse, fazer uma breve pausa a cada bloco de 80 provas na tarefa de discriminação e de 140 provas na tarefa de classificação. Após cerca de duas semanas foi realizada a segunda seção, em que os dois contrastes foram testados na tarefa 4I2AFC, tendo os sujeitos sido igualmente treinados. A ordem dos contrastes testados foi balanceada entre os sujeitos, com pausa de 20 minutos entre as duas etapas.

Para as versões de treino das tarefas de discriminação foram apresentados pares de sons com diferença em F1 de 30 Hz. Entre o primeiro som de cada par e o primeiro som do par subsequente no *continuum*, a diferença foi de 30 Hz na tarefa 2AFC (resultando em 7 pares) e de 60 Hz na tarefa 4I2AFC (resultando em quatro pares), facilitando as tarefas. Cada par foi repetido duas vezes em cada configuração possível de prova. O treino ocorreu imediatamente antes das tarefas experimentais.

3. Análise de dados

Na tarefa de classificação, a variável dependente foi a proporção de respostas para cada uma das três categorias (vide GRAF.1). Por meio de análises de probito⁷ foram obtidos, para cada sujeito, coeficientes de incli-

7. Na definição aqui empregada, o probito de $p = \Phi^{-1}(p)$, em que Φ é a função de distribuição cumulativa. Na análise de probito, curvas sigmóides tal como as do GRAF. 1 são linearizadas e então submetidas a uma análise de regressão. As respostas da tarefa de classificação foram tratadas como binárias, pois admitimos que, em cada prova, o sujeito faz uma escolha entre duas alternativas. Note-se que os resultados corroboram a suposição (SILVA, 2006: 66-68).

nação para os resultados de “u” e “s”, a fim de se verificar se há diferenças nas transições entre essas categorias e o padrão “o”.

Nas tarefas de discriminação, utilizou-se o d' como medida de sensibilidade⁸. Escores iguais a $-\infty$ e $+\infty$ foram evitados substituindo as proporções 1 e 0 por 0,99 e 0,01 (cf.: Schouten, 1999; Schouten & van Hessen, 1992; van Hessen & Schouten, 1992; Gerrits & Schouten, 2004; Schouten, Gerrits & van Hessen, 2003; Gerrits, 2001). Para a tarefa 2AFC, o d' foi calculado a partir da suposição de que a estratégia empregada pelo sujeito envolve uma operação equivalente à subtração $X_1 - X_2$ (em que X_1 e X_2 são os intervalos de cada prova da tarefa), de acordo com Green e Swets (1969) e Macmillan e Creelman (2005). Duas análises foram realizadas para a tarefa 4I2AFC. Segundo Macmillan e Creelman (2005), a tarefa 4I2AFC deve ser analisada da mesma forma que a tarefa 2AFC. Como o primeiro e o quarto sons não correspondem a nenhuma alternativa de resposta, um sujeito ideal agiria como se estivesse fazendo uma tarefa 2AFC. Como será visto a seguir, os resultados deste procedimento foram muito diferentes dos obtidos na tarefa 2AFC, tanto no escore quanto no grau de percepção categórica. Uma análise adicional foi realizada então, a partir da hipótese de que os sujeitos se comportaram na tarefa 4I2AFC da mesma forma que o fariam numa tarefa 4IAX. Nesta análise alternativa, o d' foi calculado pelo emprego da fórmula proposta por Macmillan *et al.* (1977) para calcular o valor de d' na tarefa 4IAX e de uma tabela semelhante à apresentada por Kaplan, Macmillan e Creelman (1978). Os resultados relativos à análise alternativa da tarefa 4I2AFC serão indicados pelo termo “4I2AFCb”.

Para avaliar a relação entre os resultados da tarefa de classificação e os das tarefas de discriminação, os resultados da classificação foram transformados supondo que dois sons podem ser discriminados se e somente se pertencerem a categorias diferentes. Isto gera uma predição dos resultados de discriminação a partir dos resultados de classificação, que pode ser obtida pelo cálculo da diferença entre os escores z das proporções de uma mes-

8. A mais utilizada estimativa de sensibilidade que não é afetada pelo viés é o d' , que, em tarefas de detecção, corresponde à diferença entre a proporção de acertos (verdadeiros positivos) e a de alarmes falsos (falsos positivos) na tarefa, ambas convertidas para o inverso da distribuição cumulativa normal. Esta diferença deverá ser ponderada em função do *design* da tarefa (cf. Macmillan & Creelman, 2005).

ma resposta na tarefa de classificação aos dois estímulos a serem discriminados. Este procedimento converte os valores de proporção correspondentes a cada estímulo na tarefa de classificação em valores de d' (Macmillan & Creelman, 2005). Como o *continuum* [u-ɔ] empregado na tarefa de classificação foi dividido nos *subcontinua* [u-o] e [o-ɔ] nas tarefas de discriminação, a previsão da discriminação foi calculada a partir dos resultados da classificação naquela parte do *continuum* correspondente a cada *subcontinuum*. Foram descartadas eventuais provas em que respostas “u” foram dadas a estímulos envolvidos na previsão da discriminação no contraste [o-ɔ], ou respostas “ɔ” a estímulos envolvidos na previsão da discriminação no contraste [u-o], admitindo que os raros casos em questão se devam a erros de resposta. Houve muito pouca sobreposição entre as curvas correspondentes às proporções das respostas “u” e “ɔ” no *continuum* da tarefa de classificação, sendo o efeito desse procedimento, portanto, insignificante.

Para verificar o grau de dependência da discriminação em relação à classificação foi calculado o índice de percepção categórica (PC; van Hoesen e Schouten, 1999)⁹ para cada sujeito em cada uma das tarefas de discriminação:

$$PC = 100 \left(\frac{r}{1 + \frac{1}{5n} \sum_{i=1}^n |d'(class)_i - d'(disc)_i|} \right)$$

onde n é o número de pares de sons consecutivos no *subcontinuum* – isto é, 20 para a tarefa 2AFC e 10 para a 4I2AFC. O numerador é o coeficiente de correlação entre as duas curvas e o denominador contém um termo que é a média aritmética das diferenças absolutas entre d' previsto e d' obtido em cada ponto do *continuum* multiplicada por uma constante.

9. A fórmula original não está precisamente de acordo com a descrição que os autores apresentam no corpo do texto, tendo sido, aqui, alterada correspondentemente.

4. Resultados

As curvas que representam as proporções de cada resposta possível para cada estímulo da tarefa de classificação são apresentadas no GRAF.1, em que cada ponto indica a média dos sujeitos. Podem-se observar declinações abruptas nas curvas que indicam as proporções de cada uma das três alternativas de resposta ao longo do *continuum*. Os picos representam as regiões em que os sujeitos não mostraram dúvida quanto a classificar o estímulo como “u” (250-320 Hz), “o” (390-480 Hz) ou “c” (570-660 Hz).

As regiões com grande inclinação indicam a transição entre as categorias fônicas. A comparação das inclinações indicou que a média dos valores absolutos dos coeficientes de inclinação ([u-o]: -0,0371; [o-ç]: 0,0293) é significativamente maior para a curva correspondente à resposta “u” (teste t uni-caudal para amostras pareadas: $p = 0,033$). Isto quer dizer que a transição no contraste [u-o] é mais abrupta, e portanto mais clara para os sujeitos, do que a do contraste [o-ç].

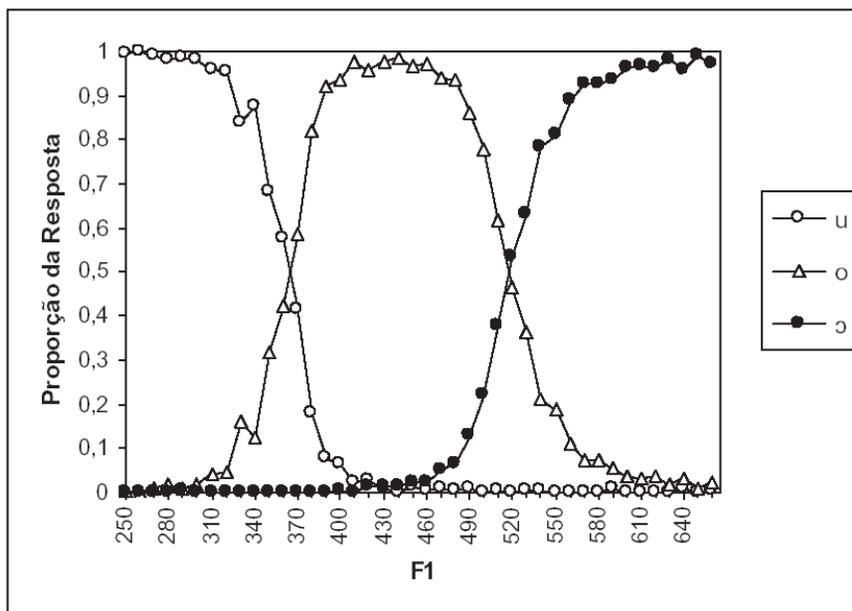


Gráfico 1: Proporções das respostas “u”, “o” e “ç” ao longo do continuum em F1.

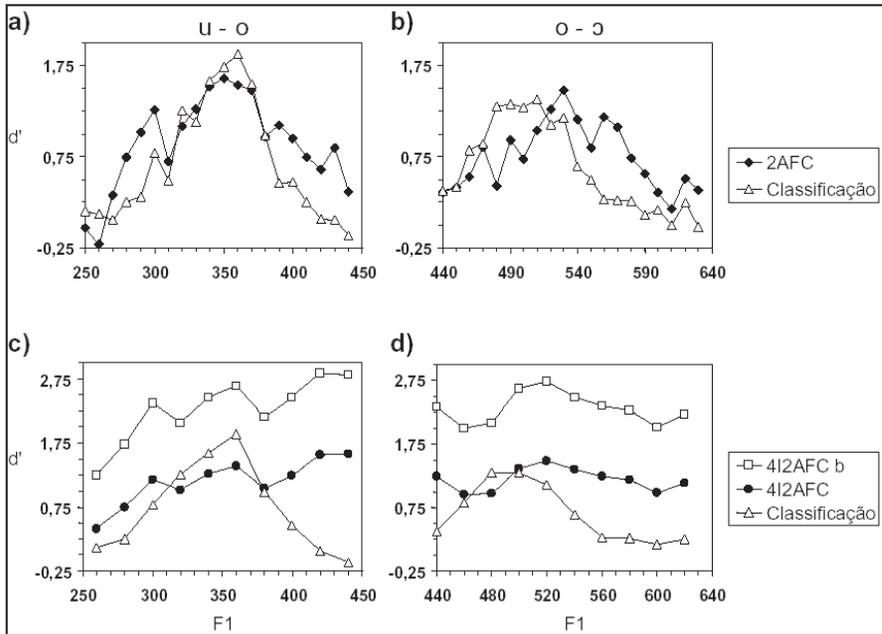


Gráfico 2: Discriminação prevista e discriminação obtida (classificação) nas tarefas 2AFC e 4I2AFC.

Quanto à relação entre classificação e discriminação, são observadas no GRAF. 2 as curvas previstas (classificação) e as curvas obtidas nas duas tarefas de discriminação. Na Tabela 1 estão listados os índices de percepção categórica (PC) e a correlação entre discriminação obtida e prevista para as quatro tarefas de discriminação, calculados a partir das médias dos valores de d' obtidos pelos sujeitos em cada ponto dos *continua*. Adicionalmente, são apresentados os coeficientes de correlação entre a discriminação prevista e a discriminação obtida.

PC é consideravelmente mais elevado na tarefa 2AFC. O índice é maior para o *subcontinuum* [u-o] do que para o *subcontinuum* [o-o] na tarefa 2AFC, mas a relação se inverte na tarefa 4I2AFC. As únicas correlações significativas ($p < 0,05$) foram observadas na tarefa 2AFC. A transformação de Fisher de r para z foi usada na estimação de um valor p que indique a significância da diferença entre os dois coeficientes de correlação observados na tarefa 2AFC. A diferença entre os coeficientes correspondentes aos *subcontinua* [u-o] e [o-o] é marginalmente significativa ($p = 0,054$).

Tarefa	Contraste			
	u-o		o-ɔ	
	PC	r	PC	r
2AFC	77,3663	0,828 (p < 0,0001)	44,3904	0,4773 (p = 0,0333)
4I2AFC	10,3382	0,1163 (p = 0,6253)	18,7728	0,2116 (p = 0,3706)
4I2AFC'	11,2575	0,3473 (p = 0,1335)	26,0607	0,1475 (p = 0,5350)

Tabela 1: Índice de percepção categórica (PC) e coeficiente de correlação (r) entre discriminação obtida e prevista, calculados a partir das médias de d' do grupo nas tarefas 2AFC e 4I2AFC para os contrastes [u-o] e [o-ɔ].

5. Discussão

Dadas as inconsistências observadas no comportamento das vogais médias do PB em relação à funcionalidade dos contrastes entre vogais médias abertas e vogais médias fechadas, o objetivo deste estudo foi investigar possíveis diferenças nos modos como estes contrastes são representados no sistema perceptivo do falante dessa língua. Para isso, baseamo-nos na Teoria da Detecção, que relaciona a decisão numa tarefa de escolha ao espaço psicológico do sujeito.

Manipulamos um *continuum* de sons vocálicos variando em um único parâmetro (F1) ao longo do qual se estabelecem dois contrastes, o contraste [u-o] – cuja funcionalidade é isenta de dúvidas – e o contraste [o-ɔ]. A hipótese foi a de que um limite de categoria menos distinto e abrupto entre as categorias [o] e [ɔ] do que o observado entre as categorias [o] e [u], bem como relações menos evidentes entre discriminação e classificação no *subcontinuum* [o-ɔ] do que no *subcontinuum* [u-o], indicariam que a distinção entre [o] e [ɔ] não é representada na memória do falante da mesma forma que ocorre com a distinção entre [o] e [u], sendo esta última melhor estabelecida e mais saliente. Padrões semelhantes nas observações referentes aos

dois contrastes contrariam a hipótese de que [o] e [ɔ] não possuem representações fonológicas distintas na memória, tal como ocorre com [o] e [u].

Nossos resultados mostraram que, na tarefa de classificação, a média dos valores absolutos dos coeficientes de inclinação dos sujeitos na resposta “u” foi significativamente maior do que a média observada para a resposta “ɔ”, indicando que há diferença na forma como os sujeitos operam em relação aos contrastes [u-o] e [o-ɔ]. A transição mais abrupta entre [u-o] do que entre [o-ɔ] indica claramente que esta distinção não é tão clara para os falantes quanto aquela.

É importante considerar este resultado à luz do que foi observado nas tarefas de discriminação. De acordo com as médias dos valores de d' , os índices de percepção categórica foram, como se esperava, maiores na tarefa 2AFC, que encoraja uma estratégia classificatória, sendo o valor mais alto observado no *subcontinuum* [u-o]. Nesta tarefa, o *subcontinuum* [o-ɔ] foi percebido de forma menos categórica, como indica a diferença entre os coeficientes de correlação com a tarefa de classificação obtidos nos *subcontinua* [u-o] e [o-ɔ], cujo nível de significância é superior, mas bem próximo a $p = 0.05$. Considerando o que dissemos anteriormente sobre o fenômeno da percepção categórica, isto é uma evidência de que [ɔ] e [o] podem constituir categorias, mas sua distinção não é tão clara quanto a que se estabelece entre [u] e [o].

Quanto à relação entre a tarefa de classificação e a tarefa 4I2AFC, os baixos valores do índice de percepção categórica, a ausência de picos coincidentes com os picos nas curvas de discriminação prevista a partir da classificação e a ausência de correlações significativas entre discriminação e classificação, todos constituem evidências de que os sujeitos empregaram predominantemente estratégias baseadas não nas categorias, mas nos traços acústicos dos estímulos, como era de se esperar. Estritamente, os resultados obtidos indicam então que a distinção entre as vogais [u] e [o] se reflete de maneira clara nas respostas dos sujeitos quando estes executam tarefas que exigem ou favorecem o emprego de representações de categorias armazenadas na memória. O mesmo não ocorre com a distinção entre [o] e [ɔ].

Consideremos agora hipóteses alternativas que poderiam colocar em questão as conclusões apresentadas. Em primeiro lugar, de acordo com Massaro (1987b), não seria de grande interesse uma relação estreita entre a tarefa de classificação e uma tarefa de discriminação que encoraja estraté-

gias classificatórias, já que o sujeito estaria executando as mesmas operações ou operações muito semelhantes. O caráter categórico dos resultados estaria relacionado não a processos perceptivos, mas de decisão. São contrários a esta perspectiva os estudos psicofisiológicos citados na introdução em que foram obtidos a) efeitos de limite de categoria para respostas independentes da atenção e decisão, em níveis relativamente básicos do processamento auditivo, e b) evidências de processos distintos correspondentes a um modo classificatório e a um modo “acústico” na discriminação de sons da fala. Ademais, esse argumento é importante no contexto da discussão sobre os processos subjacentes à percepção categórica. No presente estudo, utilizamos o fenômeno como indício comparativo, isto é, não nos importa por meio de que processos perceptivos obtemos a percepção categórica, mas tão-somente compará-la para os dois *subcontinua*. Em outras palavras, o argumento não se aplica.

Em segundo lugar, como dois contrastes que se estabelecem num *continuum* em F1 foram comparados em relação a descontinuidades nos resultados observadas em regiões de limite de categoria, deve ser excluída a possibilidade de que tais descontinuidades ocorram por razões não relacionadas às categorias vocálicas e suas delimitações. Neste caso, os métodos aqui empregados seriam inapropriados à investigação a que nos propomos neste estudo. Descontinuidades inerentes ao sistema perceptivo, que causem variações na discriminabilidade entre os estímulos ao longo do *continuum*, poderiam determinar resultados tais como a diferença verificada na tarefa 2AFC entre os coeficientes de correlação entre classificação e discriminação nos *subcontinua* [u-o] e [o-ɔ] ou a diferença entre as médias dos coeficientes de inclinação das curvas das respostas “u” e “ɔ”. Em tese, seria possível ainda que o próprio processo de síntese dos estímulos tenha resultado em sons com características ou combinações de características que, juntamente com o sistema perceptivo, determinem variáveis não controladas e que poderiam afetar os resultados de maneira indesejada. De fato, sabe-se que, de um modo geral, os limiares para a discriminação de formantes aumentam com a frequência dos formantes (Flanagan, 1955; Kewley-Port & Watson, 1996). Adicionalmente, Kewley-Port e Watson (1996) observaram saltos nos limiares de diferença quando um harmônico se alinhava exatamente à frequência central de um formante. Kewley-Port e Zheng (1998) avaliam modelos auditivos para sons vogais que podem fornecer métricas que reduzam a variabilidade observada nos limiares de diferença em tarefas de discriminação de formantes ao longo dos valores de

freqüência do formante de teste e de F0. Os estímulos empregados no presente estudo foram sintetizados de modo a variar na freqüência fundamental de 145 a 85 Hz para evitar este tipo de interação (e também para obter sons mais naturais).

Os resultados da tarefa 4I2AFC (cf. GRAF. 2 – c e d) nos dois *subcontinua* mostram que não ocorreram descontinuidades análogas às observadas na tarefa 2AFC. Ou seja, os mesmos sistemas perceptivos e os mesmos estímulos acústicos sintéticos não produziram nenhum artefato, sendo as descontinuidades observadas como resultado da tarefa 2AFC evidências que refletem a organização de representações de categorias armazenadas na memória do falante. Com isto, podemos descartar esta hipótese concorrente.

6. Conclusão

Com base no exame dos resultados deste estudo à luz de resultados anteriores no âmbito da pesquisa sobre a percepção da fala, conclui-se que a distinção entre [o] e [ɔ] não é tão bem definida quanto a distinção entre [o] e [u] no nível das representações das categorias vocálicas armazenadas na memória e empregadas nos processos perceptivos de falantes do PB. A maior contribuição deste trabalho é, pelo que sabemos, a originalidade dos dados produzidos. Apresentamos, adicionalmente, faixas de F1 em que os sujeitos não mostraram dúvida quanto a classificar o estímulo como “u”, “o” ou “ɔ”, o que parece importante também para compreender a variação na produção destas vogais no PB.

Assim, este trabalho pode ser considerado um passo inicial seguro de uma pesquisa mais ampla. Para que sejam possíveis melhores conclusões a respeito das questões aqui investigadas, uma série de outros estudos deverá ser realizada, incluindo variações do experimento apresentado.

No que diz respeito aos estímulos, pode-se compor um *continuum* a partir da manipulação acústica de sons da fala natural. O processo de síntese empregado no presente estudo é baseado nos valores de certos parâmetros e não leva em consideração a estrutura do trato vocal humano e os mecanismos articulatórios, produzindo sons que podem soar “artificiais” aos ouvidos do sujeito. Schouten e Van Hessen (1990) descrevem um procedimento por meio do qual um *continuum* de sons intermediários pode ser

produzido por interpolação a partir dos envelopes espectrais de dois sons naturais. O método não é livre de inconvenientes, pois esta manipulação pode, em tese, produzir sons impossíveis a um trato vocal humano e irregularidades audíveis capazes de destacar alguns sons do restante do conjunto tornando-os, assim, mais discrimináveis. Todavia, sons produzidos desta forma são percebidos como mais naturais e diferem entre si de maneira mais complexa, o que pode interferir nos resultados – elevando, por exemplo, os índices de percepção categórica (Van Hessen e Schouten, 1999). Isto, por si só, torna interessantes dados complementares obtidos com o emprego de estímulos produzidos a partir de sons naturais, um processo bem mais trabalhoso e que só se justifica a partir dos resultados aqui apresentados.

O contraste entre as vogais médias anteriores deve também ser investigado. Adicionalmente, são de grande interesse dados relativos à categorização e discriminação entre outras vogais do PB. Estes permitiriam uma avaliação mais precisa e rigorosa dos resultados apresentados aqui e outros mais que vierem a ser obtidos no âmbito desta investigação. Em tarefas de discriminação e classificação, números maiores de provas para cada estímulo podem evitar que a variabilidade nos resultados impeça que diferenças efetivas atinjam os níveis de significância. Outro tipo de estudo que pode ser empreendido é a observação de respostas psicofisiológicas, como a *Mismatch Negativity*, aos contrastes entre as vogais médias posteriores e entre as vogais médias anteriores. Isto forneceria evidências mais diretas e menos sujeitas a influências indesejadas como os efeitos dos mecanismos de atenção e de decisão nos resultados de experimentos envolvendo medidas comportamentais.

Justamente por isso, nossas pretensões não se estendem a conclusões referentes à funcionalidade da distinção entre as vogais em questão no âmbito da fonologia do PB. Sobre se os resultados obtidos constituem ou não evidências admissíveis em favor de uma ou outra análise fonológica, esta é uma questão que está fora do escopo deste trabalho – e, de fato, fora do escopo da Teoria da Detecção –, pois não seria sustentada pelos dados.

Recebido em novembro de 2007

Aprovado em outubro de 2008

E-mails: silvadmr27@yahoo.com.br

rothe-neves@ufmg.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Marlúcia Maria. 1999. *As vogais médias em posição tônica nos nomes do português brasileiro*. 136 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Lingüísticos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- BATTISTI, Elisa & Maria José B. Vieira. 2001. O sistema vocálico do português brasileiro. In: Leda BISOL. Org.. *Introdução aos estudos de fonologia do português brasileiro*. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- BECKMAN, Jill N. 1998. *Positional Faithfulness*. 270 f. Tese (Doutorado). University of Massachusetts Amherst, Amherst.
- BEHLAU, Mara S. 1984. *Uma análise das vogais do português brasileiro falado em São Paulo: perceptual, espectrográfica de formantes e computadorizada de frequência fundamental*. Dissertação (Mestrado em Distúrbios da Comunicação Humana – Campo Fonoaudiológico). Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo.
- BISOL, Leda. 2003. Neutralização das átonas. *D.E.L.T.A.* 19 (2): 267-276.
- BOERSMA, Paul; David WEENINK. 2005. *Praat: doing phonetics by computer*. Versão 4.3.12. Disponível em: <www.praat.org>.
- CAGLIARI, Luiz Carlos. 1997. *Fonologia do português: análise pela geometria de traços*. Vol. 1. 2. ed. Campinas: Edição do Autor.
- CUNHA, Viviane. 1991. *Um traço do vocalismo português: a metafoia*. 154 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Lingüísticos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Dehaene-Lambertz, Ghislaine. 1997. Electrophysiological correlates of categorical phoneme perception in adults. *NeuroReport*. 8 (4): 919-924.
- _____, Christophe PALLIER; Willy SERNICLAES; Liliane SPRENGER-CHAROLLES; Antoniette JOBERT & Stanislas DEHAENE. 2005. Neural correlates of switching from auditory to speech perception. *Neuroimage*. 24 (1): 21-33.
- ESCUDERO, Paola; Paul BOERSMA; Andréia S. RAUBER; Ricardo BION. (no prelo). A cross-dialect acoustic description of vowels: Brazilian and European Portuguese. *Journal of the Acoustical Society of America*.
- GERRITS, Ellen. 2001. *The categorization of speech sounds by adults and children*. 131 f. Tese (Doutorado). Universiteit Utrecht, Utrecht.
- _____, Bert SCHOUTEN. 2004. Categorical perception depends on the discrimination task. *Perception & Psychophysics*. 66 (3): 363-376.

- GREEN, David Marvin & John A. SWETS. 1966. Signal Detection Theory and Psychophysics. New York: John Wiley and Sons.
- HARNAD, Stevan (ed.) 1987. *Categorical Perception: The Groundwork of Cognition*. New York: Cambridge University Press.
- HEALY, Alice F. & Bruno H. REPP. 1982. Context independence and phonetic mediation in categorical perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 8 (1): 68-80.
- KAPLAN, Howard L.; Neil A. MACMILLAN & Douglas CREELMAN. 1978. Tables of d' for variable-standard discrimination paradigms. *Behavior Research Methods & Instrumentation*. 10 (6): 796-813.
- KAZANINA, Nina; Colin PHILLIPS & William IDSARDI. 2006. The influence of meaning on the perception of speech sounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103 (30): 11381-11386.
- KEWLEY-PORT, Diane & Charles S. WATSON. 1994. Formant-frequency discrimination for isolated English vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*. 95 (1): 485-496.
- _____ & Yijian ZHENG. 1998. Auditory models of formant frequency discrimination for isolated vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*. 103 (3): 1664-1666.
- KINGSTON, John; Neil A. MACMILLAN; Laura W. DICKEY; Rachel THORBURN & Christine BARTELS. 1997. Integrality in the perception of tongue root position and voice quality in vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*. 101 (3): 1696-1709.
- LEE, Seung-Hwa. Mid vowel alternations in verbal stems in Brazilian Portuguese. 2003. *Journal of Portuguese Linguistics*. 2 (2): 87-100.
- LIBERMAN, Alvin; Katherine HARRIS; Harold HOFFMAN & Belder GRIFFITH. 1957. The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 58: 358-368.
- MACMILLAN, Neil. 1987. Beyond the categorical/continuous distinction: A psychophysical approach to processing modes. In: Stevan HARNAD. Ed. *Categorical Perception: The Groundwork of Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____ & Douglas CREELMAN. 2005. *Detection Theory: A User's Guide*. 2. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- MACMILLAN, Neil A.; Rina F. GOLDBERG & Louis D. BRAIDA. 1988. Resolution for speech sounds: Basic sensitivity and context memory on vowel and

- consonant continua. *Journal of the Acoustical Society of America*. 84 (4): 1262-1280.
- _____, Howard L. KAPLAN & Douglas CREELMAN. 1977. The psychophysics of categorical perception. *Psychological Review*. 84 (5): 452-471.
- MAGALHÃES, José Olímpio. 1990. *Une étude de certains processus de la phonologie portugaise dans le cadre de la Théorie du Charme et du Gouvernement*. 322 f. Tese (Doutorado). Université de Montreal, Montreal.
- MASSARO, Dominic. Categorical partition: A fuzzy logical model of categorization behavior. 1987a. In: Stevan HARNAD. Ed.. *Categorical Perception: The Groundwork of Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- _____. 1987b. *Speech Perception by Ear and Eye: A paradigm for psychological inquiry*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- _____. 1998. Categorical perception: Important phenomenon or lasting myth? In: Proceedings of the 5th INTERNATIONAL CONGRESS OF SPOKEN LANGUAGE PROCESSING. Sydney.
- _____ & Michael M. COHEN. 1983. Categorical or continuous speech perception: a new test. *Speech Communication*. 2 (1): 15-35.
- MATTOSO CÂMARA JR., Joaquim. 1977. *Para o estudo da fonêmica portuguesa*. 2. ed. Rio de Janeiro: Padrão.
- MORAES, João A.; Dinah M. I. CALLOU; Yonne F. LEITE. 1996. O sistema vocálico do português do Brasil: caracterização acústica. In: Mary KATO. Org.. *Gramática do português falado: convergências*. Vol. 5. Campinas: Ed. da Unicamp.
- NÄÄTÄNEN, Risto; Anne LEHTOKOSKI; Mietta LENNES; Marie CHEOUR; Minna HUOTILAINEN; Antti IIVONEN; Martti VAINIO; Paavo ALKU; Risto J. LIMONIEMI; Aavo LUUK; Jüri ALLIK; Janne SINKKONEN & Kimmo ALHO. 1997. Language-specific phoneme representations revealed by electric and magnetic brain responses. *Nature*. 385 (6615): 432-434.
- PHILLIPS, Colin; Thomas PELLATHY; Alec MARANTZ; Elron YELLIN; Kenneth WEXLER; David PÖPPEL; Martha MCGINNIS & Timothy ROBERTS. 2000. Auditory cortex accesses phonological categories: An MEG mismatch study. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 12 (6): 38-55.
- PISONI, David. 1973. Auditory and phonetic memory codes in the discrimination of consonants and vowels. *Perception & Psychophysics*. 13: 253-260.
- _____. Auditory short-term memory and vowel perception. 1975. *Memory and Cognition*. 3: 7-18.

- RAUBER, Andréia S. (2008). An acoustic description of Brazilian Portuguese oral vowels (spoken in the South of Brazil). *Revista Diacrítica*. 22 (1): 229-238.
- REPP, Bruno. Categorical Perception: Issues, methods, findings. 1984. In: Norman J. LASS. Ed. *Speech and Language: Advances in Basic Research and Practice*. Vol. 10. Orlando: Academic Press.
- ROTHE-NEVES, Rui. Notas sobre o método na Neurolingüística. 2001. In: Eliana A. M. MENDES; Paulo M. OLIVEIRA & Veronika BENN-IBLER. *O novo milênio: interfaces lingüísticas e literárias*. Belo Horizonte: Faculdade de Letras da UFMG, p. 189-195.
- SCHOUTEN, Bert; Ellen GERRITS & Arjan VAN HESSEN. 2003. The end of categorical perception as we know it. *Speech Communication*. 41 (1): 71-80.
- _____ & Arjan VAN HESSEN. 1992. Modeling phoneme perception I: Categorical perception. *Journal of the Acoustical Society of America*. 92 (4): 1841-1855.
- SHARMA, Anu & Michael DORMAN. 1999. Cortical auditory evoked potential correlates of categorical perception of voice-onset time. *Journal of the Acoustical Society of America*. 106 (2): 1078-1083.
- _____ & Michael DORMAN. 2000. Neurophysiologic correlates of cross-language phonetic perception *The Journal of the Acoustical Society of America*. 107 (5): 2697-2703.
- SILVA, Daniel M. R. 2006. A percepção das vogais médias posteriores no Português Brasileiro. 96 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Lingüísticos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SINEX, Donal G. & Lynn P. McDONNARD. 1988. Average discharge rate representation of voice onset time in the chinchilla auditory nerve. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 83 (5): 1817-1827.
- STUDDERT-KENNEDY, Michael; Alvin LIBERMAN; Katherine HARRIS & Franklin COOPER. 1970. Motor theory of speech perception: a reply to Lane's critical review. *Psychological Review*. 77 (3): 234-249.
- VAN HESSEN, Arjan & Bert SCHOUTEN. 1999. Categorical perception as a function of stimulus quality. *Phonetica*. 56 (1-2): 56-72.
- _____ & Bert SCHOUTEN. 1992. Modeling phoneme perception II: A model of stop consonant discrimination. *Journal of the Acoustic Society of America*. 92 (4): 1856-1868.
- WETZELS, Leo. 1992. Mid vowel neutralization in Brazilian Portuguese. *Cadernos de Estudos Lingüísticos*, Campinas. 23: 19-55.

- WINKLER, István; Anne LEHTOKOSKI; Paavo ALKU; Martti VAINIO; Istvan CZIGLER; Valeria CSEPE; Olli AALTONEN; Ilka RAIMO; Kimmo ALHO; Heikki LANG; Antti IIVONEN & Risto NÄÄTÄNEN. 1999a. Pre-attentive detection of vowel contrasts utilizes both phonetic and auditory memory representations. *Cognitive Brain Research*. 7 (3): 357-369.
- _____, Teija KUJALA; Hannu TIITINEN; Päivi SIVONEN; Paavo ALKU; Anne LEHTOKOSKI; Istvan CZIGLER; Valeria CSEPE; Risto J. ILMONIEMI & Risto NÄÄTÄNEN. 1999b. Brain responses reveal the learning of foreign language phonemes. *Psychophysiology*. 36 (5): 638-642.